

## PEMANTAUAN PADA ANALOGI INSTALASI LISTRIK FASE-TIGA BERBANTUAN PROTOTIPE SISTEM ELEKTRONIS BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3

Arief Goeritno<sup>1\*</sup>, Ritzkal<sup>2</sup>, Ayumi Johan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dosen /Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi,  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor

<sup>3</sup> Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Ibn Khaldun Bogor

\*E-mail: arief.goeritno@ft.uika-bogor.ac.id

### ABSTRAK

Telah dilakukan pemantauan empat kondisi buatan pada analogi instalasi listrik fase-tiga berupa pengubahan posisi *MCB* masing-masing fase, yaitu: (i) *MCB* fase-R, fase-S, dan fase-T dalam kondisi OFF, (ii) *MCB* fase-R, fase-S, dan fase-T dalam kondisi ON, (iii) *MCB* fase-R saja dalam kondisi ON, dan (iv) pemantauan ruangan khusus. Pemantauan empat kondisi tersebut dilakukan oleh prototipe sistem elektronis berbasis mikrokontroler Arduino Uno R3, sekaligus merupakan bentuk pengukuran kinerja sistem. Empat pengkondisian pada analogi instalasi listrik fase-tiga diperoleh hasil berupa: (1) fase-R, fase-S, dan fase-T tidak diberi sumber tegangan, maka ketiga lampu pendar (*Tubular Lamp*, *TL*) dalam keadaan tidak berpendar dan tampilan hasil pada *Liquid Crystal Display* (*LCD*, penampil kristal cair) berupa kondisi OFF untuk fase-R (F 1), fase-S (F 2), dan fase-T (F 3) tidak bertegangan (pada 0 volt, bukan nilai hasil pengukuran, tetapi hanya berupa indikasi sistem tidak bertegangan), dan pemantauan ruangan khusus dengan indikasi ruang tidak dipakai; (2) fase-R, fase-S, dan fase-T diberi sumber tegangan, maka ketiga lampu pendar berpendar dan tampilan pada layar *LCD* berupa kondisi ON untuk fase-R (F 1), fase-S (F 2), dan fase-T (F 3) dan tegangan ditampilkan 220 volt (bukan nilai hasil pengukuran, tetapi hanya berupa indikasi sistem bertegangan), dan pemantauan ruangan khusus dengan indikasi ruang tidak dipakai; (3) fase-S saja diberi sumber tegangan 220 volt, maka lampu pendar pada jalur fase-R berpendar dan tampilan pada layar *LCD* berupa fase-R (F 1) kondisi ON, sedangkan fase-S dan fase-T kondisi OFF dan lampu pendar pada jalur fase-S dan fase-T tidak berpendar, karena tidak terdapat sumber tegangan, dan pemantauan ruangan khusus dengan indikasi ruang tidak dipakai; dan (4) pemantauan ruang khusus ditunjukkan, bahwa “ruang tidak dipakai” atau “ruang dipakai” sebagaimana penunjukan pada *LCD*, merupakan pemantauan terhadap satu ruang khusus yang dapat diputushubungkan dengan *push button* secara terpusat.

**Kata-kata Kunci:** analogi instalasi listrik fase-tiga, prototipe sistem elektronis berbasis mikrokontroler, Arduino UNO R3.

### ABSTRACT

*Monitoring against the 4 (four) award artificial conditions on the analogy of three-phase electrical installation are the form of conversion of MCB position of each phase has been done, namely: (i) MCBs of phase-R, phase-S, and phase-T in the OFF condition, (ii) MCBs of phase-R, phase-S, and phase-T in the condition ON, (iii) MCB of phase-R only in the condition ON, and (iv) monitoring against the special room. Four state monitoring were conducted by electronic system prototypes based microcontroller Arduino Uno R3, as well as a form of the measurement of performance system. Four conditioning result on the analogy of three-phase electrical installation obtained in the form of: (1) phase-R, phase-S, and the phase-T were not given the source voltage, then the three tubular lamp (TL) in a state does not fluoresce and see the results on the Liquid Crystal Display (LCD) in the form of the OFF condition for phase-R (F 1), phase-S (F 2), and the phase-T (F 3), no voltage (at 0 volts, it is not the value of the measurement results, but only in the form of no voltage indication system), and monitoring special room with an*

indication the room was not used; (2) phase-R, phase-S, and the phase-T by a voltage source, then the three tubular lamp in a state does fluoresce and see the results on the LCD in the form of the ON condition for phase-R (F 1), phase-S (F 2), and phase-T (F 3), a voltage of 220 volts is shown (it is not the value of the measurement results, but only in the form of voltage indication system), and monitoring special room with an indication the room was not used; (3) phase-S only by the source voltage of 220 volts, the tubular lamp on the path to the phase-R fluoresce and see the results on the LCD in the form of the phase-R (F 1) ON condition, while the phase-S and phase-T OFF condition and the tubular lamp on line phase-S and phase-T does not fluoresce, because there is no voltage source, and monitoring special room with an indication the room was not used; and (4) monitoring for special room indicated that "unused room" or "used room" as the designation of the LCD, is monitoring against the special room which can be terminated with a push button centrally.

**Keywords:** analogy of three-phase electrical installation, electronic system prototypes based on microcontroller, Arduino UNO R3.

## PENDAHULUAN

Pemantauan instalasi listrik (Kitcher, 2008) melalui *miniature circuit breaker* atau *MCBs* (Warne, 2005; Bayliss, 2007; Smeet, 2014) dapat dilakukan dengan bantuan sejumlah komponen elektronika (Tooley, 2006) berbasis pengontrol mikro (mikrokontroler) maupun berbantuan komputer personal. Keberadaan sistem elektronis (Tooley, 2006) sebagai sistem sensor-transduser yang dipadukan dengan mikrokontroler untuk pemantauan instalasi listrik (Johan, 2016) sebagai upaya perolehan bentuk fisis rangkaian elektronika terintegrasi. Sensor pendeteksi kondisi difungsikan untuk setiap perubahan yang terjadi di *miniature circuit breaker* (*MCB*) satu *pole* (Warne, 2005; Bayliss, 2007; Smeet, 2014) sebagai analogi masing-masing fase pada sistem instalasi listrik fase-tiga (Wadhwa, 2007; Maxfield, 2008; Kitcher, 2008). Indikator pada subsistem sensor-transduser berupa *LED*, dimana saat menyala (ON) untuk kondisi *MCB* dalam keadaan tidak terhubung (OFF) atau saat tidak menyala (OFF) untuk kondisi *MCB* dalam keadaan terhubung (ON). Keluaran sensor-transduser (Bishop, 2003b) untuk masing-masing fase-tunggal pada analogi instalasi listrik sebagai masukan yang tersambung ke sistem mikrokontroler Arduino UNO R3 (Durfee, 2011; Margolis, 2011) dan ditampilkan pada *LCD* (Boylestad, 2013). Pemantauan terhadap sistem tersebut merupakan hasil dari keberadaan algoritma yang telah dibuat untuk pemrograman mikrokontroler Arduino UNO R3 (Durfee, 2011; Margolis, 2011), dimana dalam

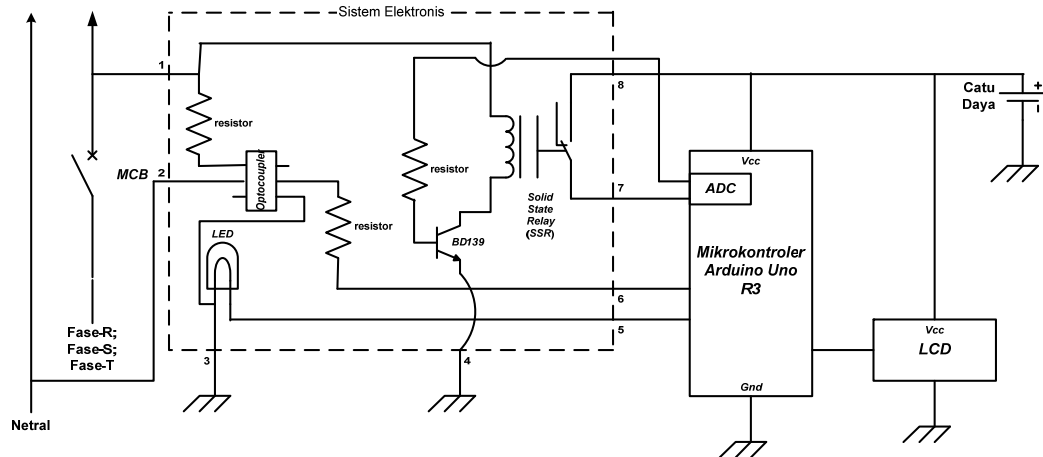
algoritma tersebut meliputi tiga hal utama, yaitu tampilkan indikasi sensor-transduser, ambil dan kirim data, dan keluaran (Johan, 2016).

Uji verifikasi dilakukan melalui simulasi rangkaian (Tooley, 2006) berbantuan program aplikasi *Proteus* (Proteus2010, 1998). Penyempurnaan terhadap subsistem sensor-transduser (Bishop, 2003) pada prototipe sistem elektronis (Johan, 2016), berupa pemanfaatan terhadap sejumlah komponen elektronika, yaitu *optocoupler* (Boylestad, 2013d), resistor (Linsley, 2005), transistor BD139 (Baskhi, 2009; Boylestad, 2013), *Light Emitting Diode* (Tooley, 2006; Boylestad, 2013), dan *solid state relay* (Bergsman, 1994). Subsistem sensor-transduser hasil penyempurnaan tersebut diintegrasikan terhadap subsistem mikrokontroler (Tooley, 2006) dan *LCD* (Boylestad, 2013) untuk pembentukan prototipe sistem elektronis. Tahapan uji verifikasi terhadap prototipe sistem elektronis berbasis mikrokontroler untuk pemantauan instalasi listrik (Johan, 2016) sebagai upaya perolehan bentuk fisis rangkaian elektronika terintegrasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu integrasi sistem terdiri atas a) sistem analogi instalasi listrik, b) prototipe sistem elektronis berupa integrasi dari (i) subsistem sensor-transduser, (ii) subsistem mikrokontroler, (iii) subsistem *Liquid Crystal Display* (*LCD*), dan c) sistem catu daya. Setiap fase pada sistem analogi instalasi dipasang sensor-transduser (Bishop, 2003) untuk pemantauan keberadaan tegangan melalui pengubahan parameter tegangan bolak-balik

(*alternating current, ac*) ke parameter tegangan arus searah (*direct current, dc*) seperti proses penyearahan (Bishop, 2003). Diagram skematis prototipe sistem elektronis

berbasis mikrokontroler Arduino UNO R3 untuk pemantauan analogi instalasi listrik fase-tiga, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



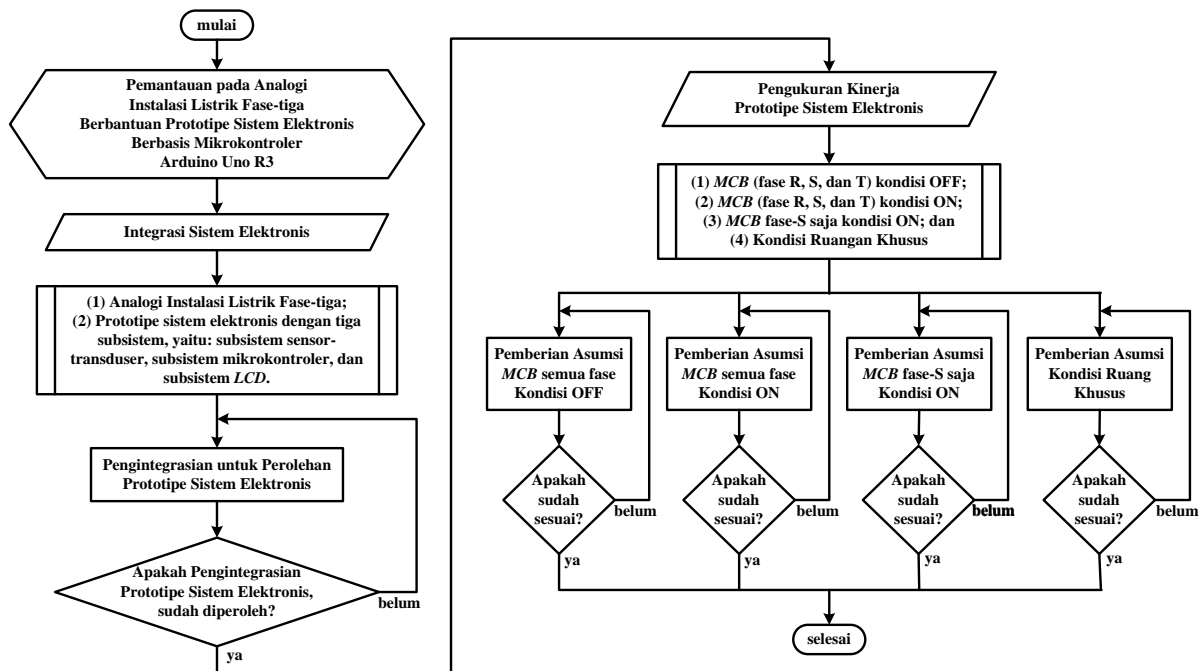
Gambar 1 Diagram skematis prototipe sistem elektronis berbasis mikrokontroler Arduino UNO R3 untuk pemantauan analogi instalasi listrik fase-tiga

Berdasarkan Gambar 1 ditunjukkan, bahwa perlu dilakukan pabrikan terhadap prototipe sistem elektronis dalam bentuk fisis sistem terintegrasi secara elektronis dan pemrograman terhadap mikrokontroler Arduino UNO R3 (Durfee, 2011), sehingga dapat dilakukan pengukuran kinerja prototipe sistem untuk pemantauan kondisi pada analogi instalasi listrik dan pengukuran nilai tegangan. Pengukuran kinerja terhadap prototipe didasarkan kepada 4 (empat) kondisi, yaitu (i) MCB fase-R, fase-S, dan fase-T dalam kondisi OFF, (ii) MCB fase-R dan fase-T dalam kondisi ON, (iii) MCB fase-S saja dalam kondisi ON, (iv) kondisi pemantauan terhadap jalur ke ruangan khusus.

## METODE

Bahan penelitian berupa analogi instalasi listrik fase-tiga dan beban listrik berupa lampu

pendar, seperangkat prototipe sistem elektronis berbasis mikrokontroler Arduino UNO R3 yang telah ditanamkan program aplikasi berbasis bahasa *BasCom* (The MCS Electronics Team, 2008), dan catu daya. Metode penelitian merupakan tahapan-tahapan untuk pencapaian dan sesuai dengan tujuan penelitian. Terdapat dua tahapan, yaitu: (a) pengintegrasian semua subsistem dan (b) pengukuran kinerja prototipe sistem elektronis. Pengintegrasian merupakan tahapan yang disesuaikan terhadap hasil uji verifikasi yang telah diperoleh (Johan, 2016), sedangkan pengukuran kinerja prototipe sistem elektronis berupa pemberian kondisi berbeda terhadap sistem sensor-transduser melalui pemberian kondisi buatan berupa pengubahan posisi MCB masing-masing fase. Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir metode penelitian

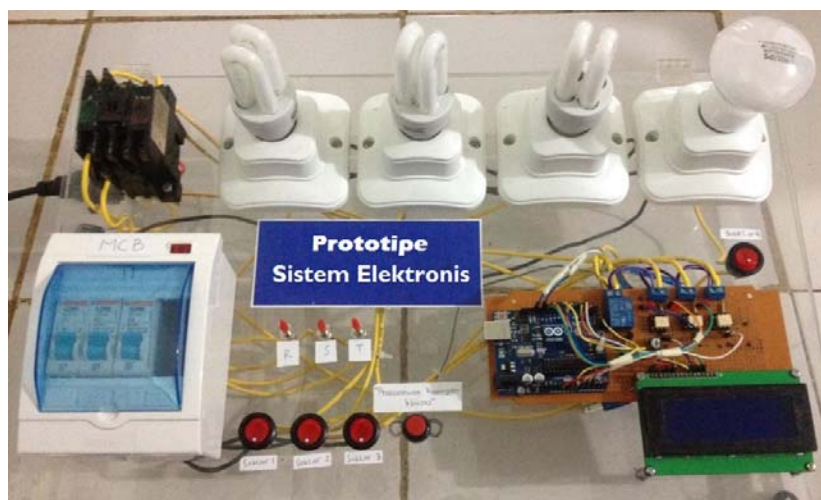
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran kinerja prototipe sistem elektronis berbantuan mikrokontroler Arduino UNO R3 dilakukan melalui pengintegrasian semua subsistem dan pemberian kondisi berbeda terhadap sensor-transduser melalui pengubahan posisi *MCB* masing-masing fase, yaitu: (1) pengkondisian OFF terhadap *MCB* fase-R, fase-S, dan fase-T, (2) pengkondisian ON terhadap *MCB* fase-R, fase-S, dan fase-T, (3) pengkondisian ON terhadap *MCB* fase-S,

dan (4) pengkondisian terhadap jalur ke ruang khusus.

### Integrasi Sistem Elektronis

Integrasi sistem terdiri atas: a) analogi instalasi listrik dan b) prototipe sistem elektronis dengan tiga subsistem, yaitu: subsistem sensor-transduser, subsistem mikrokontroler, dan subsistem *LCD*. Integrasi fisis sistem keberadaan prototipe sistem elektronis berbasis mikrokontroler ATmega32, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Integrasi fisis sistem untuk keberadaan prototipe sistem elektronis berbasis mikrokontroler Arduino Uno R3

Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan, bahwa integrasi fisis subsistem-subsistem, agar dapat dilakukan pengukuran kinerja prototipe sistem elektronis. Analogi instalasi listrik fase-tiga diwakili oleh tiga buah *MCB* kutub-tunggal (*single-pole*) sebagai analogi fase-R, fase-S, dan fase-T. Saklar ON-OFF digunakan untuk penghubungan tegangan listrik ke lampu pendar (TL) sebagai beban listrik per fase. Setiap fase dipasang sensor-transduser untuk pemantauan kondisi instalasi listrik masing-masing fase. Perubahan kondisi pada jalur instalasi listrik ditampilkan pada

*LCD*. Jalur ruang khusus dipantau melalui perubahan posisi saklar yang terdapat ruang khusus tersebut dan dapat dikendalikan dari ruang kontrol.

### Kinerja Prototipe Sistem Elektronis

#### Pengkondisian OFF terhadap *MCB* untuk fase-R, fase-S, dan fase-T

Tampilan hasil pada pengkondisian OFF terhadap *MCB* untuk fase-R, fase-S, dan fase-T, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Tampilan hasil pengkondisian OFF terhadap *MCB* fase R, fase-S, dan fase-T

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan, bahwa hasil pengkondisian OFF (tidak diberi sumber tegangan) terhadap *MCB* fase-R, fase-S, dan fase-T, maka ketiga lampu pendar (*Tubelar Lamp*, *TL*) dalam keadaan tidak berpendar dan tampilan pada *LCD* berupa kondisi OFF untuk fase-R (F 1), fase-S (F 2), dan fase-T (F 3), tegangan tertampilkan 0 volt, dan untuk pemantauan ruangan khusus ditunjukkan “ruang tidak dipakai”. Nilai 0 volt tersebut bukan nilai hasil pengukuran, tetapi hanya penunjukan indikasi sistem tidak bertegangan. Kondisi dan nilai tegangan pada jalur *MCB* untuk fase-R, fase-S, dan fase-T tidak diberi tegangan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kondisi dan nilai tegangan pada jalur *MCB* untuk fase-R, fase-S, dan fase-T tidak diberi tegangan

| <i>MCB</i> | Lampu Pendar ( <i>TL</i> ) |                       | Tampilan pada Alat Ukur |
|------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
|            | Kondisi                    | Nilai Tegangan (volt) |                         |
| Fase-R     | OFF                        | 0                     |                         |
| Fase-S     | OFF                        | 0                     |                         |
| Fase-T     | OFF                        | 0                     |                         |

#### Pengkondisian ON terhadap *MCB* untuk fase-R, fase-S, dan fase-T

Tampilan hasil pengkondisian ON terhadap *MCB* untuk fase-R, fase-S, dan fase-T, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Tampilan hasil pengkondisian ON terhadap *MCB* untuk fase-R, fase-S, dan fase-T

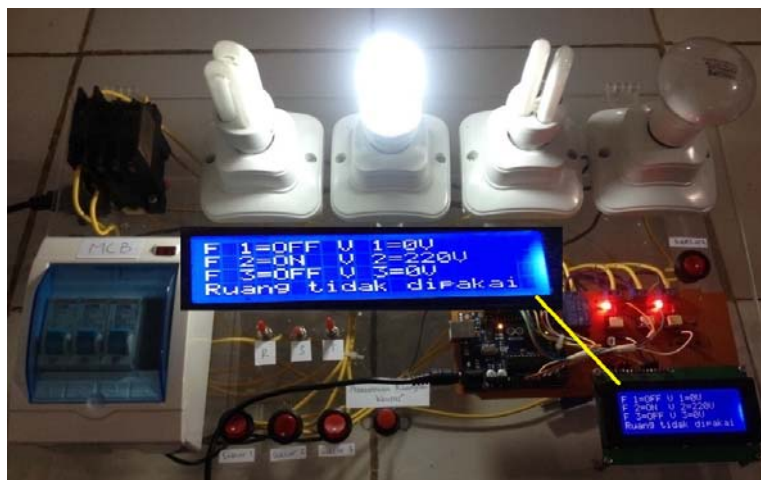
Berdasarkan Gambar 5 ditunjukkan, bahwa hasil pengkondisian ON terhadap ketiga *MCB* fase-R, fase-S, dan fase-T berupa pemberian tegangan, maka ketiga lampu pendar menyala dan tampilan pada layar *LCD* ditunjukkan, bahwa fase-R (F 1), fase-S (F 2), dan fase-T (F 3) kondisi ON, tegangan ditampilkan 220 volt dan untuk pemantauan ruang khusus ditunjukkan “ruang tidak dipakai”. Nilai tegangan 220 volt pada *LCD* bukan nilai hasil pengukuran, tetapi hanya indikasi sistem bertegangan. Kondisi dan nilai tegangan pada *MCB* fase-R, fase-S, dan fase-T diberi tegangan, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kondisi dan nilai tegangan pada *MCB* fase-R, fase-S, dan fase-T diberi tegangan

| <i>MCB</i> | Lampu Pendar ( <i>TL</i> ) |                       | Tampilan pada Alat Uku |
|------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|
|            | Kondisi                    | Nilai Tegangan (volt) |                        |
| Fase-R     | ON                         | 220                   | 220                    |
| Fase-S     | ON                         | 221                   | 221                    |
| Fase-T     | ON                         | 219                   | 219                    |




#### Pengkondisian ON terhadap *MCB* untuk fase-S

Tampilan hasil pengkondisian ON terhadap *MCB* untuk fase-S, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6 Tampilan hasil pengkondisian ON terhadap *MCB* untuk fase-S

Berdasarkan Gambar 8 ditunjukkan, bahwa hasil pengkondisian ON terhadap MCB untuk fase-S berupa pemberian sumber tegangan 220 volt, maka lampu untuk fase-S menyala dan tampilan pada layar *LCD* ditunjukkan bahwa fase-S (F 2) kondisi ON. Untuk fase-R dan fase-T kondisi OFF dan lampu tidak menyala karena tidak terdapat tegangan dan untuk pemantauan ruang khusus ditunjukkan “ruang tidak dipakai”. Nilai tegangan 220 volt pada *LCD* tersebut bukan nilai hasil pengukuran, tetapi hanya berupa penunjukan indikasi sistem bertegangan. Kondisi dan nilai tegangan pada MCB fase R diberi tegangan, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Kondisi dan nilai tegangan pada jalur *MCB* untuk fase-S diberi tegangan

| <i>MCB</i> | Lampu Pendar ( <i>TL</i> ) |                       | Tampilan pada Alat Ukur   |
|------------|----------------------------|-----------------------|---|
|            | Kondisi                    | Nilai Tegangan (volt) |   |
| Fase-R     | OFF                        | 0                     |  |
| Fase-S     | ON                         | 214                   |  |
| Fase-T     | OFF                        | 0                     |  |

### Pengkondisian terhadap Ruang Khusus

Tampilan hasil pengkondisian terhadap ruang khusus saat “ruang dipakai”, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Tampilan hasil pengkondisian ruang khusus dipakai

Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan, bahwa hasil pengkondisian terhadap ruang khusus dengan tampilan pada *LCD* “ruang dipakai” dan lampu pada ruang khusus menyala, semua *MCB* pada fase-R, fase-S, dan fase-T pada kondisi ON, tetapi lampu pada jalur ketiga fase tersebut tidak dinyalakan. Jalur ke ruang khusus dianalogikan dapat diputushubungkan dari saklar pada ruang kontrol melalui saklar. Untuk kondisi dimana dikehendaki lampu pada ruang khusus menyala, dapat dilakukan pengubahan posisi saklar pada ruang khusus dengan syarat saklar pada ruang kontrol dalam kondisi ON. Kondisi dan nilai tegangan pada ruang khusus saat

“ruang dipakai”, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Kondisi dan nilai tegangan pada ruang khusus saat “ruang dipakai”

| <i>Push Buttom</i> | Lampu Pijar   |                       | Tampilan pada Alat Ukur   |
|--------------------|---------------|-----------------------|---|
|                    | Kondisi       | Nilai Tegangan (volt) |   |
| Ruang Khusus       | Ruang Dipakai | 227                   |  |

Tampilan hasil pengkondisian terhadap ruang khusus saat “ruang tidak dipakai”, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Tampilan hasil pengkondisian ruang khusus saat “ruang tidak dipakai”

Berdasarkan Gambar 8 ditunjukkan, bahwa hasil pengkondisian terhadap ruang khusus dengan tampilan pada LCD “ruang tidak dipakai” dan lampu pada ruang khusus tidak menyala, semua MCB pada fase-R, fase-S, dan fase-T pada kondisi ON, tetapi lampu pendar pada jalur ketiga fase tersebut tidak dinyalakan.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil dan bahasan, maka ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian. Integrasi keberadaan sistem berupa analogi instalasi lisrik fase-tiga diwakili oleh 3 (tiga) buah MCB kutub-tunggal (*single-pole*) sebagai analogi fase-R, fase-S, dan fase-T. Saklar digunakan untuk pengubahan posisi (ON-OFF) untuk penghubungan lampu pendar (TL) sebagai beban listrik ke sumber tegangan listrik per fase. Setiap fase dipasang sensor-transduser untuk pemantauan kondisi instalasi listrik masing-masing fase. Perubahan kondisi pada MCB diasumsikan untuk ketiga fase OFF, fase-S ON, fase-R dan fase-T ON, dan ketiga fase ON, sedangkan perubahan posisi saklar yang terdapat ruang khusus tersebut dan dapat dikendalikan dari ruang control. Semua perubahan kondisi ditampilkan pada LCD dan dilakukan pengukuran nilai tegangan pada jalur-jalur yang dipantau.

### Saran

Untuk melengkapi simpulan, perlu saran penelitian lanjutan berupa pemanfaatan protokol Internet, agar pemantauan kondisi

instalasi pada rumah tinggal dapat dikontrol melalui Internet.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pimpinan FT UIKA Bogor atas segala fasilitas yang telah diberikan, juga kepada Pimpinan Program Studi Teknik Elektro atas kesediaan pemrosesan keikutsertaan pada penerbitan makalah ini sebagai kegiatan keilmiahan di Semnastek 2016 FT-UMJ.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakshi, U.A., A.P Godse. 2009. *Analog and Digital Electronics* (pp. 1.40-1.41). Pune: Technical Publication Pune.
- Bayliss, Colin R. and Brian J. Hardy (editor). 2007. *Fuse and Miniature Circuit Breakers in Transmission and Distribution Electrical Engineering*. Oxford: Elsevier Inc., pp. 363-373.
- Bishop, Owen. 2003. *Understand Electronics* (pp. 103-109 & 114-130). Oxford: Newnes.
- Boylestad, Robert L., Louis Nashelsky. 2013. *Electronic Devices and Circuit Theory* (pp. 38-42; 831-833; 873-875). New York: Pearson Education, Inc.
- Durfee, William. 2011. *Arduino Microcontroller Guide* (pp. 1-27, Course Material). Minneapolis: University of Minnesota.
- Johan, Ayumi, Arief Goeritno, Ritzkal. (2016). Prototipe Sistem Elektronis Berbasis Mikrokontroler Untuk Pemantauan Instalasi Listrik dalam *Prosiding SNTI FTI-Usakti V-2016*, hal. 324-330.



- Kitcher, Christopher. 2008. *Practical Guide to Inspection, Testing and Certification of Electrical Installations* (pp. 149-156). Oxford: Elsevier Ltd.
- Linsley, Trevor. 2005. *Basic Electrical Installation Work* (pp. 45-49). Oxford: Elsevier Ltd.
- Margolis, Michael. 2011. *Arduino Cookbook* (pp. 15-18). Sebastopol: O'Reilly Media Inc.
- Maxfield, Clive, et.al. 2008. *Electrical Engineering* (pp. 160-162). Oxford: Elsevier Inc.
- Proteus2000. 1998. *Proteus 2000 Operations Manual* (pp. 131-164). Scott Valley: E-MU Systems, Inc.
- Smeets, Rene, et.el. 2014. *Switching in Electrical Transmission and Distribution Systems* (pp. 8). New Jersey: Wiley.
- The MCS Electronics Team, (2008), "BASCOS-AVR User Manual Introduction (pp. 222-252).Richmond: MCS Electronics.
- Tooley, Mike. 2006. *Electronic Circuits: Fundamentals and Applications* (pp. 287-292; 303-309; 327-335). Oxford: Elsevier Ltd.
- Wadhwa, C.L. 2007. *Basic Electrical Engineering* (pp. 160-163). New Delhi: New Age International (P) Limited.
- Warne, D.F. 2005. *Newnes Electrical Power Engineer's Handbook* (pp. 180-189). Oxford: Elsevier Inc. – Newnes.